

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Daniel da Cunha Amâncio Borges

Agregação e resistência do solo à penetração sob adubação biológica e convencional da cultura do café

**Monte Carmelo – MG
2017**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Daniel da Cunha Amâncio Borges

Agregação e resistência do solo à penetração sob adubação biológica e convencional da cultura do café

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Cinara Xavier de Almeida

**Monte Carmelo – MG
2017**

Daniel da Cunha Amâncio Borges

Agregação e resistência do solo à penetração sob adubação biológica e convencional da cultura do café

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Agronomia,
Campus Monte Carmelo, da Universidade
Federal de Uberlândia, como parte dos
requisitos necessários para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 19 de Dezembro de 2017
Banca Examinadora

Profª. Dra. Cinara Xavier de Almeida
Orientadora

Prof. Dr. Ricardo Falqueto Jorge
Membro da Banca

Prof. Dr. Edmar Isaías de Melo
Membro da Banca

**Monte Carmelo-MG
2017**

RESUMO

O entendimento da parte física do solo é de grande importância prática para entender o seu comportamento e assim ter o seu uso e ocupação adequados, sem que haja, portanto, perdas na produção e sua degradação. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da adubação biológica na agregação e na resistência do solo à penetração de um Latossolo Vermelho sob cafeicultura. O experimento foi conduzido na Fazenda Pérola, localizada no município de Estrela do Sul, em Minas Gerais. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por: Testemunha: sem aplicação do adubo biológico, sendo apenas utilizada a adubação convencional; Adubo Biológico 2x: com duas aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 5x: com cinco aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 7x: com sete aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 9x: com nove aplicações do adubo biológico, e sendo também avaliada uma área sob Mata Nativa. Foram avaliadas a agregação do solo e a resistência do solo à penetração, nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. O solo sob mata nativa foi o que apresentou maior teor de agregados na classe de 4-2mm, seguido do tratamento com sete aplicações do adubo biológico, que apresentaram, dessa forma, valores semelhantes do DMP. O tratamento com nove aplicações do adubo biológico apresentou valores de resistência do solo à penetração semelhantes ao solo sob mata nativa, sendo que os seus valores não diferiram entre as camadas de solo analisadas.

Palavras-chave: cafeicultura, atributos físicos do solo, adubo biológico.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1 Agregação do solo	8
2.2 Resistência do solo à penetração	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4. CONCLUSÕES.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1. INTRODUÇÃO

O café, uma planta perene de clima tropical, pertencente à família das Rubiaceas e ao gênero *Coffea*, que possui grande importância econômica mundial (SANTOS, 2006). Atualmente, o Brasil, maior produtor e exportador mundial de café, estima uma safra de 37.881,7 mil sacas beneficiadas, em um parque cafeeiro de 2.228,2 mil hectares, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017).

Dentre os vários fatores que determinam a alta produtividade do cafeeiro, tais como os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, também são importantes o manejo e a espécie escolhida (BURAK et al., 2016).

O entendimento da parte física do solo é de grande importância prática para entender o seu comportamento e assim ter o seu uso e ocupação adequados, sem que haja, portanto, perdas na produção e sua degradação. Dentre os atributos físicos do solo destaca-se a sua estrutura, dada pela sua agregação.

A estrutura do solo adequada é de fundamental importância para a obtenção de altas produtividades, sustentabilidade na atividade e para a preservação ambiental. Dessa forma, é necessário manejar e preservar o solo de forma correta (CEZAR JUNIOR; MOACIR JUNIOR, 2006).

A agregação do solo resulta das forças de aproximação e cimentação de partículas orgânicas e minerais no solo. As uniões de agregados menores formam os macroagregados (> 0,25 mm) do solo. Nos solos tropicais, a cimentação é resultante principalmente da matéria orgânica e da ação e do metabolismo de organismos vivos sobre essa matéria orgânica gerando substâncias agregantes. Também têm papel relevante a secreção de compostos orgânicos pelas raízes e a presença de elementos químicos minerais como cálcio, magnésio, dentre outros (HERNANI, 1997).

O decréscimo no teor de matéria orgânica do solo, na porcentagem de agregados estáveis nas classes de maior tamanho, e, no diâmetro médio ponderado, em solo cultivado, apesar de ainda estarem distantes de limites considerados críticos, são sinalizadores da necessidade de adoção de práticas de manejo que evitem o desencadeamento de um processo de degradação do solo (MOTA et al., 2012).

Alvarenga et al. (2002), citam que, após a pressão no solo, exercida pelas rodas dos tratores e por máquinas agrícolas, ocorre a quebra de agregados. Com essa quebra dos agregados, há o aumento da densidade do solo, ocorrendo simultaneamente redução da porosidade, especialmente dos poros grandes, havendo diminuição de trocas gasosas

(oxigênio e dióxido de carbono); a limitação do movimento de nutrientes; a diminuição da taxa de infiltração de água no solo e, conseqüentemente o aumento dos processos erosivos.

Outro fator que deve ser levado em consideração, e está totalmente ligado a compactação do solo, é a resistência do solo à penetração. A compactação do solo é uma deformação volumétrica que promove alterações nas propriedades físicas e mecânicas do solo, modificando a relação ar-água do solo devido ao manejo inadequado. Quando a redução de volume se dá por expulsão de água dos poros do solo, esse fenômeno passa a se chamar adensamento (CEZAR JUNIOR; MOACIR JUNIOR, 2006).

Quando o solo está compactado, a resistência do solo à compactação também é aumentada. Dessa forma, características físicas e químicas do solo são modificadas, além das condições menos favoráveis para o desenvolvimento radicular, que sofre uma série de modificações, tanto de ordem morfológica quanto fisiológica, alterando o seu padrão de crescimento, com tendência de distribuição mais superficial, afetando o seu desempenho e, por conseguinte, o desempenho da planta, que apresenta menor crescimento (CRUZ, 2007).

Assim, Palma et al. (2013) avaliando a resistência do solo à penetração em sistema de cultivo manual e mecanizado do cafeeiro, concluíram que, o sistema de cultivo mecanizado apresentou faixas compactadas superficiais na linha de tráfego dos rodados das máquinas.

Além do manejo e da preservação do solo, para se manter uma boa estruturação e evitar a quebra dos agregados e conseqüentemente o adensamento do solo, uma alternativa para melhorar a qualidade física e também química e biológica do solo, é a utilização de adubos biológicos, que melhoram a capacidade de retenção de água, por beneficiar a matéria orgânica do solo e possuir macronutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, (NASCIMENTO, 2010). Além disso, segundo Melo (2011) o adubo biológico quando aplicado ao solo, contribui para melhoria dos atributos físicos, como, velocidade de infiltração, aeração, armazenagem de água e aceleração da atividade microbiana.

De acordo com Alves et al. (2011) adubo biológico é o resíduo final da fermentação de compostos orgânicos que contêm células vivas ou latentes de microrganismos (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos) e por seus metabólicos, além de quelatos organominerais. Nesse sentido, Delgado et al. (2002) cita que os adubos biológicos podem contribuir para a melhoria física e promover a produção de substâncias húmicas que exercem expressiva importância na fertilidade do solo com reflexos positivos na produção das culturas.

Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da adubação biológica na agregação e na resistência do solo à penetração de um Latossolo Vermelho sob cafeicultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Pérola localizada sob as coordenadas geográficas 18°37'16,71''S e 47°38'2,36''W, com altitude de 842 m, no município de Estrela do Sul, MG.

O solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO argiloso (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013) e o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por: Testemunha: sem aplicação do adubo biológico, sendo apenas utilizada a adubação convencional; Adubo Biológico 2x: com duas aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 5x: com cinco aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 7x: com sete aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 9x: com nove aplicações do adubo biológico, e foi também avaliada uma área sob Mata Nativa.

2.1 Agregação do solo

Para cada amostra, foi determinada a distribuição das classes de agregados por meio do tamisamento a úmido pelo método da EMBRAPA (2011). O tamisamento à úmido foi realizado em um agitador do tipo Yoder, onde são colocados quatro jogos de peneiras. Cada jogo foi constituído por peneiras com malhas de 2,0 - 1,0 - 0,5 e 0,25 mm de abertura.

Foi quantificado o solo retido em cada peneira e, ainda, aquele que passou através da última peneira ($< 0,25$ mm), obtendo-se, assim, cinco classes de agregados, cujos diâmetros médios foram, respectivamente, 3,0 - 1,5 - 0,75 - 0,375 e 0,125 mm. As amostras de solo foram preparadas com peneira de 4 mm de abertura de malha.

O processo de tamisagem para cada amostra consistiu na separação de três subamostras de 50 g cada, duas para cada jogo de peneiras e uma para determinar a umidade e, assim, calcular o peso da amostra seca. Em cada jogo de peneiras, as amostras foram dispostas sobre a peneira de maior malha, contendo um papel de filtro para retenção da amostra até que ela fosse saturada por capilaridade, durante 4 minutos. A saturação por capilaridade foi obtida por meio da elevação do nível de água do tamisador até o umedecimento do papel de filtro. Depois de saturadas as amostras, o papel foi retirado com o auxílio de uma pisseta com água. Em seguida, o tamisador foi acionado por 4 minutos, com movimento vertical de 32 oscilações por minuto. O solo retido em cada peneira foi transferido

para cápsulas de alumínio com o auxílio de jatos de água dirigidos ao fundo da peneira. As amostras foram então levadas à estufa para secagem a 105 °C, sendo posteriormente pesadas. A menor classe de agregados foi constituída pelo solo que passou pela peneira de 0,25 mm de abertura de malha, ficando disperso no tamizador, sendo determinada, subtraindo-se o somatório do peso das outras classes de agregados do peso total da amostra seca. Os resultados obtidos foram utilizados para o cálculo do diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG, em mm) e também para o cálculo do diâmetro médio geométrico dos agregados (DMP, em mm), da seguinte maneira (KEMPER; ROSENAU, 1986):

$$DMG = \exp \frac{\sum_{i=1}^n w_i \log(\bar{x}_i)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (1)$$

em que: w_i é o peso dos agregados em cada classe (g), \bar{x}_i é o diâmetro médio das classes (mm).

$$DMP = \sum_{i=1}^n \bar{x}_i w_i \quad (2)$$

2.2 Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração, obtida com o penetrômetro de impacto (modelo IAA/Planalsucar-Stolf, com ângulo de 30°), foi determinada nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, conforme STOLF (1991).

A transformação dos valores da penetração da haste do aparelho no solo (impactos m⁻¹) em resistência do solo à penetração (RP, em MPa) foi realizada conforme STOLF (1991):

$$RP = \frac{(Mg + mg) + \frac{M}{M + m} * Mg * h/x}{A} \quad (3)$$

em que: M é a massa que provoca o impacto (kg); m corresponde à massa dos demais componentes do penetrômetro excluída a de impacto (kg); $M+m$ é a massa total do aparelho (kg); g equivale a aceleração da gravidade; Mg e mg são os pesos das massas consideradas; h é a altura de queda da massa que provoca o impacto (m); x corresponde à penetração ocasionada por ação do impacto (impactos m^{-1}), e A é área da base do cone (m^{-2}).

O penetrômetro que foi utilizado apresenta as seguintes características: área da base do cone de $1,77 \times 10^{-4} m^2$; altura de queda de 0,57 m; massa do êmbolo, ou seja, massa que provoca o impacto igual a 8,02 kg e massa dos demais componentes do penetrômetro, excluída a de impacto, igual a 8,37 kg, conforme representado na Figura 1.

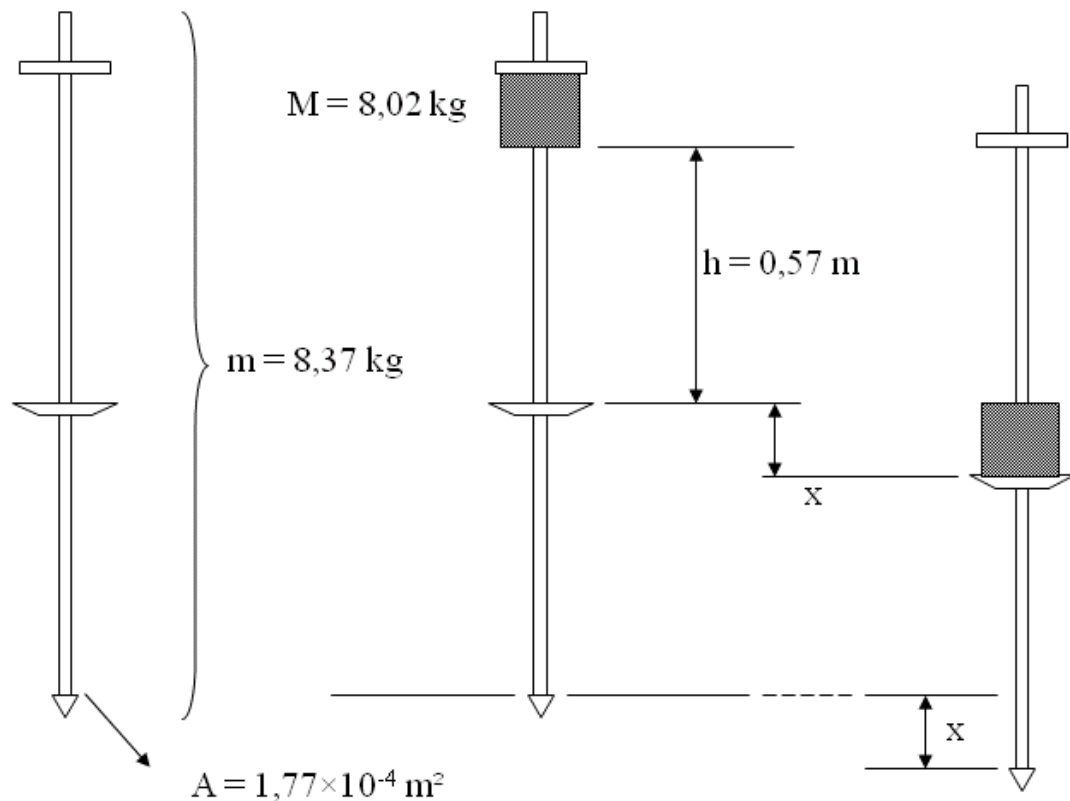


Figura 1. Características do penetrômetro de impacto utilizado.

O conteúdo de água no solo foi quantificado, simultaneamente à medida da resistência do solo à penetração, nas mesmas camadas, pelo método gravimétrico (EMBRAPA 2011).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, teste F, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da distribuição dos agregados na classe 4-2 mm (Tabela 1) mostram que a mata nativa diferiu de todos tratamentos, apresentando uma maior média. Além disso, observa-se que, a testemunha e o tratamento que recebeu sete vezes a aplicação do adubo biológico apresentaram maiores valores que os demais tratamentos que receberam duas, cinco e nove aplicações do adubo.

Tabela 1. Teor de agregados na classe de 4-2 mm (g kg^{-1}) em função dos tratamentos e camadas amostradas

Tratamentos	Camadas (m)			<i>Média</i>
	0-0,10m	0,10-0,20	0,20-0,30	
Testemunha	579,33	616,75	505,30	567,13 <i>B</i>
Adubo Biológico 2x	451,00	455,63	533,40	480,01 <i>C</i>
Adubo Biológico 5x	545,13	345,75	467,20	452,69 <i>C</i>
Adubo Biológico 7x	734,28	626,28	565,63	642,06 <i>B</i>
Adubo Biológico 9x	474,18	341,83	393,55	403,18 <i>C</i>
Mata Nativa	900,98	883,53	870,78	885,09 <i>A</i>
<i>Média</i>	614,14 <i>a</i>	544,96 <i>b</i>	555,98 <i>b</i>	-

Testemunha, sem aplicação do adubo biológico; Adubo Biológico 2x: duas aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 5x: cinco aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 7x: sete aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 9x: nove aplicações do adubo biológico; Mata Nativa: solo sob mata nativa. Médias seguidas de mesma letra maiúscula comparando tratamentos, minúscula comparando camadas, maiúscula em itálico (comparando as médias de tratamentos) e minúsculas em itálico (comparando médias de camadas) não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Quando comparadas as camadas, verifica-se que a camada 0-0,10 m diferiu das demais, apresentando maior média.

Para a distribuição dos agregados na classe 2-1 mm (Tabela 2), houve interação significativa entre os tratamentos e camadas. Pode-se observar que na camada 0-0,10 m, o tratamento que recebeu duas aplicações do adubo biológico diferiu dos demais, apresentando maior quantidade de agregados nessa classe.

Na camada 0,20-0,30m o solo sob mata nativa, foi o tratamento que apresentou menor quantidade de agregados, quando comparada aos outros tratamentos, que não diferiram nessa camada. As camadas do solo sob mata nativa e dos tratamentos que receberam duas e sete aplicações do adubo biológico, não diferiram.

Tabela 2. Teor de agregados na classe de 2-1 mm (g kg^{-1}) em função dos tratamentos e camadas amostradas

Tratamentos	Camadas (m)			<i>Média</i>
	0-0,10m	0,10-0,20	0,20-0,30	
Testemunha	145,13 Bb	145,13 Bb	197,75 Aa	162,67
Adubo Biológico 2x	199,65 Aa	204,85 Aa	178,30 Aa	194,27
Adubo Biológico 5x	163,13 Ba	235,30 Ab	190,68 Aa	196,37
Adubo Biológico 7x	127,30 Ba	161,90 Ba	175,78 Aa	154,99
Adubo Biológico 9x	140,50 Bb	192,70 Aa	211,23 Aa	181,48
Mata Nativa	47,40 Ca	56,95 Ca	66,73 Ba	57,03
<i>Média</i>	137,18	166,14	170,08	-

Testemunha, sem aplicação do adubo biológico; Adubo Biológico 2x: duas aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 5x: cinco aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 7x: sete aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 9x: nove aplicações do adubo biológico; Mata Nativa: solo sob mata nativa. Médias seguidas de mesma letra maiúscula comparando tratamentos, minúscula comparando camadas, maiúscula em itálico (comparando as médias de tratamentos) e minúsculas em itálico (comparando médias de camadas) não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 3, os tratamentos com duas, cinco e nove aplicações do adubo biológico, não diferiram. Já o solo sob mata nativa e o tratamento que recebeu sete aplicações do adubo biológico, foram os tratamentos que apresentam as menores médias, mostrando que os agregados ficaram retidos nas peneiras de diâmetro de malha maior, ou seja, apresentaram maior estabilidade dos agregados e portanto, mais estruturados.

Tabela 3. Teor de agregados na classe de 1-0,5 mm (g kg^{-1}) em função dos tratamentos e camadas amostradas

Tratamentos	Camadas (m)			<i>Média</i>
	0-0,10m	0,10-0,20	0,20-0,30	
Testemunha	108,45	98,30	134,90	113,88 <i>B</i>
Adubo Biológico 2x	148,13	146,60	126,18	140,30 <i>A</i>
Adubo Biológico 5x	126,75	100,48	134,73	150,65 <i>A</i>
Adubo Biológico 7x	61,10	80,85	110,85	84,27 <i>C</i>
Adubo Biológico 9x	143,05	191,73	160,90	165,23 <i>A</i>
Mata Nativa	13,53	16,50	20,85	16,95 <i>D</i>
<i>Média</i>	100,17 <i>a</i>	120,74 <i>a</i>	114,73 <i>a</i>	-

Testemunha, sem aplicação do adubo biológico; Adubo Biológico 2x: duas aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 5x: cinco aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 7x: sete aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 9x: nove aplicações do adubo biológico; Mata Nativa: solo sob mata nativa. Médias seguidas de mesma letra maiúscula comparando tratamentos, minúscula comparando camadas, maiúscula em itálico (comparando as médias de tratamentos) e minúsculas em itálico (comparando médias de camadas) não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A tabela 4 mostra que o tratamento com nove aplicações do adubo biológico, diferiu dos demais, apresentando maior valor da distribuição de agregados na classe de 0,5-0,25 mm,

e, novamente, o tratamento que recebeu sete aplicações do adubo biológico e o solo sob mata nativa foram os que apresentaram as menores médias, explicitando que houve maior teor dos agregados retidos nas classes 4-2 e 2-1 mm. Observa-se também que as camadas analisadas não diferiram em relação ao teor de agregados nessa classe.

Tabela 4. Teor de agregados na classe de 0,5-0,25 mm (g kg^{-1}) em função dos tratamentos e camadas amostradas

Tratamentos	Camadas (m)			<i>Média</i>
	0-0,10m	0,10-0,20	0,20-0,30	
Testemunha	71,68	53,00	79,75	68,14 <i>C</i>
Adubo Biológico 2x	91,08	95,90	81,05	89,34 <i>B</i>
Adubo Biológico 5x	77,48	113,70	95,98	95,72 <i>B</i>
Adubo Biológico 7x	29,33	55,53	62,70	49,18 <i>C</i>
Adubo Biológico 9x	101,33	127,10	123,95	117,46 <i>A</i>
Mata Nativa	30,90	9,60	13,33	17,94 <i>D</i>
<i>Média</i>	66,96 <i>a</i>	75,80 <i>a</i>	76,13 <i>a</i>	-

Testemunha, sem aplicação do adubo biológico; Adubo Biológico 2x: duas aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 5x: cinco aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 7x: sete aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 9x: nove aplicações do adubo biológico; Mata Nativa: solo sob mata nativa. Médias seguidas de mesma letra maiúscula comparando tratamentos, minúscula comparando camadas, maiúscula em itálico (comparando as médias de tratamentos) e minúsculas em itálico (comparando médias de camadas) não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 5, em relação ao teor de agregados na classe <0,25mm, o tratamento que apresentou maior média e diferiu dos demais foi o que recebeu nove aplicações do adubo biológico. As médias das camadas também não diferiram nessa classe.

Tabela 5. Teor de agregados na classe <0,25 mm (g kg^{-1}) em função dos tratamentos e camadas amostradas

Tratamentos	Camadas (m)			<i>Média</i>
	0-0,10m	0,10-0,20	0,20-0,30	
Testemunha	95,43	86,83	82,28	88,18 <i>B</i>
Adubo Biológico 2x	110,18	97,05	81,10	96,11 <i>B</i>
Adubo Biológico 5x	87,45	114,75	111,45	104,55 <i>B</i>
Adubo Biológico 7x	48,00	75,48	85,13	69,53 <i>C</i>
Adubo Biológico 9x	140,98	146,65	110,38	132,67 <i>A</i>
Mata Nativa	7,18	33,43	28,28	22,96 <i>D</i>
<i>Média</i>	81,53 <i>a</i>	83,10 <i>a</i>	92,36 <i>a</i>	-

Testemunha, sem aplicação do adubo biológico; Adubo Biológico 2x: duas aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 5x: cinco aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 7x: sete aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 9x: nove aplicações do adubo biológico; Mata Nativa: solo sob mata nativa. Médias seguidas de mesma letra maiúscula comparando tratamentos, minúscula comparando camadas, maiúscula em itálico (comparando as médias de tratamentos) e minúsculas em itálico (comparando médias de camadas) não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A Tabela 6 mostra a distribuição dos agregados, pelo Diâmetro Médio Geométrico (DMG), o qual representa uma estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência. Contudo pode ser observado que para todos os tratamentos, o DMG ficou na classe de 2-1 mm.

O solo sob mata nativa foi o tratamento que apresentou a maior média, diferindo dos demais tratamentos, apresentando DMG igual a 1,50 mm.

Quando comparada a testemunha (adubação convencional) e os demais tratamentos (adubação biológica), o tratamento com sete aplicações diferiu dos demais, apresentando DMG de 1,29 mm.

Tabela 6. Distribuição dos agregados na classe DMG (mm) em função dos tratamentos e camadas amostradas

Tratamentos	Camadas (m)			<i>Média</i>
	0-0,10m	0,10-0,20	0,20-0,30	
Testemunha	1,18	1,25	1,18	1,20 <i>C</i>
Adubo Biológico 2x	1,10	1,10	1,15	1,12 <i>D</i>
Adubo Biológico 5x	1,18	1,03	1,10	1,10 <i>D</i>
Adubo Biológico 7x	1,38	1,28	1,23	1,29 <i>B</i>
Adubo Biológico 9x	1,05	0,98	1,05	1,03 <i>E</i>
Mata Nativa	1,53	1,50	1,48	1,50 <i>A</i>
<i>Média</i>	1,23 <i>a</i>	1,19 <i>a</i>	1,20 <i>a</i>	

Testemunha, sem aplicação do adubo biológico; Adubo Biológico 2x: duas aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 5x: cinco aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 7x: sete aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 9x: nove aplicações do adubo biológico; Mata Nativa: solo sob mata nativa. Médias seguidas de mesma letra maiúscula comparando tratamentos, minúscula comparando camadas, maiúscula em itálico (comparando as médias de tratamentos) e minúsculas em itálico (comparando médias de camadas) não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A Tabela 7 mostra a distribuição dos agregados, pelo Diâmetro Médio Ponderado (DMP), que representa a percentagem de agregados que ficaram retidos nas peneiras de maior malha. Dessa forma, observou-se que o solo sob mata nativa diferiu dos demais tratamentos apresentando DMP igual a 2,77 mm, ou seja, na classe de 4-2 mm.

Quando comparada a testemunha e os tratamentos com adubação biológica, o tratamento que recebeu sete aplicações diferiu dos demais, apresentando DMG de 2,29 mm, ou seja, também na classe de maior tamanho 4-2 mm, refletindo em uma maior estabilidade dos agregados.

Segundo Castro Filho, Muzilli e Podanoschi (1998) quanto maior for o agregado, maior será o DMP e, conseqüentemente, os espaços porosos entre os agregados, aumentando assim, a infiltração o que diminui os processos erosivos.

Tabela 7. Distribuição dos agregados na classe DMP (mm) em função dos tratamentos e camadas amostradas

Tratamentos	Camadas (m)			<i>Média</i>
	0-0,10m	0,10-0,20	0,20-0,30	
Testemunha	2,08	2,18	1,95	2,07 <i>C</i>
Adubo Biológico 2x	1,83	1,83	2,00	1,88 <i>D</i>
Adubo Biológico 5x	1,98	1,58	1,83	1,79 <i>D</i>
Adubo Biológico 7x	2,45	2,20	2,10	2,25 <i>B</i>
Adubo Biológico 9x	1,76	1,53	1,68	1,66 <i>E</i>
Mata Nativa	2,83	2,75	2,73	2,77 <i>A</i>
<i>Média</i>	2,15 <i>a</i>	2,01 <i>b</i>	2,05 <i>b</i>	-

Testemunha, sem aplicação do adubo biológico; Adubo Biológico 2x: duas aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 5x: cinco aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 7x: sete aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 9x: nove aplicações do adubo biológico; Mata Nativa: solo sob mata nativa. Médias seguidas de mesma letra maiúscula comparando tratamentos, minúscula comparando camadas, maiúscula em itálico (comparando as médias de tratamentos) e minúsculas em itálico (comparando médias de camadas) não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em relação à resistência do solo à penetração (RP), os resultados mostram que, na camada 0-0,10 m, a testemunha e o tratamento com duas aplicações do adubo biológico, não diferiram, apresentando menores valores de RP (Tabela 8).

Contudo, os tratamentos com cinco, sete e nove aplicações também não diferiram, apresentando, porém, maiores valores de RP. Um fator que pode ter sido determinante para esses resultados é a idade da lavoura, pois, quanto maior a idade da mesma, maior o tráfego de máquinas e implementos agrícolas, maior a compactação do solo e, consequentemente, maior a RP, vale ressaltar que, nesse estudo, a idade das lavouras eram diferentes, assim, o cafeeiro na testemunha e no tratamento com duas aplicações do adubo biológico são cultivos recentes, onde o solo estava recém preparado, já nos demais tratamentos a idade da lavoura aumenta com o número de aplicações do adubo biológico, que são realizadas anualmente. Contudo, LOPES (2014) afirma que a circulação de máquinas agrícolas, com o conteúdo de água no solo inadequado em áreas cafeeiras é preocupante em decorrência da compactação do solo, podendo levar à redução da produtividade.

Tabela 8. Resistência do solo à penetração (RP, em MPa) e conteúdo gravimétrico de água no solo (Ug, em kg kg⁻¹) em função dos diferentes tratamentos e camadas analisadas

Tratamentos	Camadas (m)					
	0-0,10		0,10-0,20		0,20-0,30	
	RP	Ug	RP	Ug	RP	Ug
Testemunha	2,35 Aa	0,20	5,55 Bb	0,21	6,78 Bc	0,20
Adubo Biológico 2x	2,07 Aa	0,23	3,79 Ab	0,24	4,22 Ab	0,23
Adubo Biológico 5x	5,16 Ba	0,20	5,87 Ba	0,23	6,33 Ba	0,20
Adubo Biológico 7x	4,89 Ba	0,21	5,58 Ba	0,21	6,01 Ba	0,22
Adubo Biológico 9x	4,22 Ba	0,20	4,13 Aa	0,21	4,30 Aa	0,21
Mata Nativa	4,32 Ba	0,18	5,44 Bb	0,19	4,23 Aa	0,31

Testemunha, sem aplicação do adubo biológico; Adubo Biológico 2x: duas aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 5x: cinco aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 7x: sete aplicações do adubo biológico; Adubo Biológico 9x: nove aplicações do adubo biológico; Mata Nativa: solo sob mata nativa. Médias seguidas de mesma letra maiúscula comparando tratamentos, minúscula comparando camadas, maiúscula em itálico (comparando as médias de tratamentos) e minúsculas em itálico (comparando médias de camadas) não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na camada de 0,10-0,20 m, os tratamentos que apresentaram menores valores de RP foram os tratamentos com duas e nove aplicações, que não diferiram. Já na camada 0,20-0,30 m, os tratamentos que apresentaram menores valores de RP foram os tratamentos com duas e nove aplicações do adubo biológico, e o solo sob mata nativa.

Quando foram comparadas as camadas, na testemunha, observou-se que, quanto maior a profundidade, maior a RP, o que não ocorre nos demais tratamentos, mostrando que a adubação biológica diminui a RP mesmo em profundidade, provavelmente pelo maior aporte de matéria orgânica ao solo proporcionado por esse adubo, que favorece a agregação do solo, diminuindo os valores de RP.

Os valores de RP não diferiram entre as camadas dos tratamentos com maior número de aplicação do adubo, ou seja, com cinco, sete e nove aplicações do adubo biológico.

Quando comparados os tratamento com nove aplicações do adubo biológico e o solo sob mata nativa, observa-se que, esses tratamentos não diferiram, nas camadas de 0,-0,10 e 0,20-0,30 m, destacando-se mais uma vez os benefícios da utilização do adubo biológico, ou seja, mesmo o solo estando incorporado ao processo agrícola há vários anos, o mesmo apresentou valores de RP semelhante ao solo sob mata nativa.

Ademais, verificou-se que, na camada de 0-0,10 m, no tratamento com duas aplicações do adubo biológico, e, na camada de 0,10-0,20 m, nos tratamentos com duas e nove aplicações do adubo biológico, a RP foi menor nesses solos cultivados que a do solo sob mata nativa, comprovando a qualidade física do solo pela utilização da adubação biológica. Pois,

segundo Ekwue e Stone (1995), a interferência da matéria orgânica na estruturação dos solos depende não apenas do teor da mesma, mas também do tipo de material orgânico presente.

4. CONCLUSÕES

O solo sob mata nativa foi o que apresentou maior teor de agregados na classe de 4-2mm, seguido do tratamento com sete aplicações do adubo biológico, que apresentaram, dessa forma, valores semelhantes do DMP.

O tratamento com nove aplicações do adubo biológico apresentou valores de resistência do solo à penetração semelhantes ao solo sob mata nativa, sendo que os seus valores não diferiram entre as camadas de solo analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C; CRUZ, J. C; NOVOTN, E. T. **Cultivo do milho: preparo convencional do solo**. Embrapa Milho e Sorgo, 2002.

ALVES, S. B. et al. Trofobiose e microrganismos na proteção de plantas: biofertilizantes e entomopatógenos na citricultura orgânica. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 21, p. 16-21, 2011.

BURAK, D. L.; SANTOS, D. A.; PASSOS, R. R. Variabilidade espacial de atributos físicos: relação com relevo, matéria orgânica e produtividade em café conilon. **Coffee Science**, v. 11, p.455-466, 2016.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, n 22, p.527-538, 1998.

CEZAR JUNIOR. F.A.; MOACIR JUNIOR, S.D. Manejo da compactação do solo em lavouras cafeeiras. **Café Point**, 2006. Disponível em: <<https://www.cafepoint.com.br/radares-tecnicos/solos-e-nutricao/manejo-da-compactacao-do-solo-em-lavouras-cafeeiras-33270n.aspx>>. Acesso em: 30 out. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília: Conab, 2017. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 14 ago. 2017.

CRUZ, J. C. Cultivo do Milho- Solos. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2007. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckl80cd02wx5eo0a2ndxy9o28e5x.html>. Acesso em: 30 out. 2017.

DELGADO, A. et al. Phosphorus fertilizer recovery from calcareous soils amended with humic and fulvic acids. **Plant and soil**, v. 245, n. 3, p. 277-286, 2002

EKWUE, E. J.; STONE, R. J. Organic matter effects on strength properties of compacted agricultural soils. **Transactions of American Society of Agriculture Engineering**, v. 38, p. 357-365, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011. 230 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p

HERNANI, L. C. **Árvore do conhecimento sistema de plantio direto: agregação do solo**. Agência Embrapa de Informação e Tecnologia, 1997. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fwuzxobr02wyiv807fiqu9k024m72.html> . Acesso em: 30 out. 2017.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. Physical and mineralogical methods, p. 425-443.

LOPES, E. W. **Efeito das operações de implantação do cafeeiro sobre características físicas do solo**, 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Viçosa. 2014

MELO, W. B. Produção do consórcio milho (Zea mays L.) X feijão (Vigna unguiculata. L.) em função do uso de biofertilizante. 51p. **Monografia** (Curso de graduação em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, 2011.

MOTA, J. C. A.; FREIRE, A. G.; JÚNIOR, R. N. de A. Qualidade física de um Cambissolo sob sistemas de manejo. In: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 5, 3 jul. 2012

NASCIMENTO, R. C. O uso do biofertilizante em solos agrícolas do cerrado da Região do Alto Paranaíba (MG). **Boletim goiano de geografia**, v. 30, p.55-66, 2010.

PALMA, M. A. Z et al. Resistência do solo à penetração em cafezais cultivados com sistema mecanizado e manual. **Coffee Science**, Viçosa, v. 8, n. 3, 2013.

SANTOS, P. M. Definição Completa: Cafeeiro é uma planta perene de clima tropical, **Cafeicultura**, 2006. Disponível em: < <http://revistacafeicultura.com.br/?mat=6569> > Acesso em: 30 out. 2017.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 229-235, 1991.